

FACULTAD DE CIENCIAS
Grado de Óptica y Optometría
Asignatura: FÍSICA

UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Curso: 2010-11

Práctica nº4. MEDIDAS DE AMPLITUD Y FRECUENCIA CON EL OSCILOSCOPIO. RESONANCIA CON ONDAS SONORAS

Parte I: VISUALIZACIÓN DE UNA SEÑAL

Material

Osciloscopio, oscilador y cable blindado (provisto de conector BNC en uno de sus extremos).

*Descripción del osciloscopio**

El osciloscopio es un instrumento que permite visualizar la variación con el tiempo de una señal acústica, luminosa, etc., previa conversión en una diferencia de potencial eléctrico mediante un micrófono, fotodiodo, etc.

En el caso de una señal armónica, representada por la función $V(t) = V_{\max} \cos(\omega t + \delta)$, se puede medir su amplitud (valor máximo) V_{\max} , frecuencia $\nu = \omega/2\pi$, y diferencia de fase δ respecto a otra señal. El período $T = 1/\nu$, que se utiliza también en vez de la frecuencia para caracterizar la función (figura 1), es el tiempo correspondiente a un ciclo completo (recuerda que una función periódica se repite a intervalos regulares).

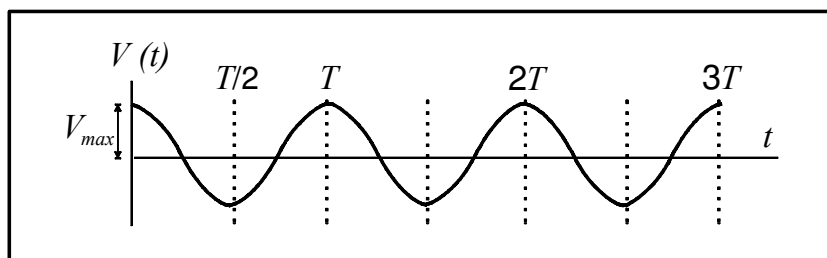
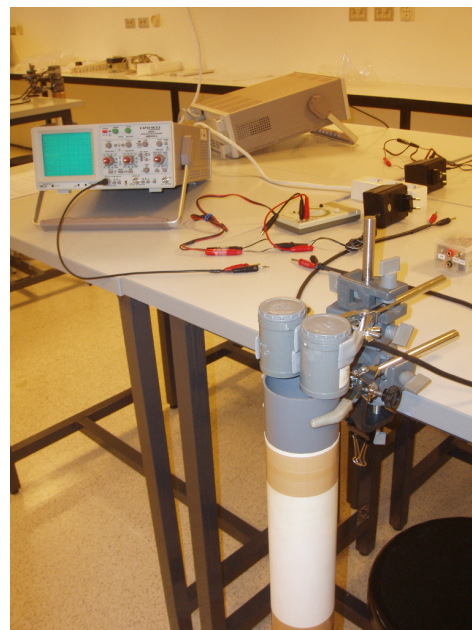


FIGURA 1. El período T de una función periódica es el tiempo que tarda en repetirse la función. La amplitud V_{\max} es el valor máximo de la función.

El componente principal del osciloscopio es un tubo, semejante al de un aparato de TV donde se genera, acelera, enfoca y desvía un haz de electrones que al chocar en un punto de una pantalla fluorescente provoca su luminosidad.

La diferencia de potencial correspondiente a la señal que se quiere visualizar se aplica a unas placas que desvían el haz electrónico en dirección vertical. Simultáneamente, se aplica otra diferencia de potencial, generada internamente por el instrumento y que varía linealmente con el tiempo, a otras placas que desvían el haz en dirección horizontal. Como consecuencia, el haz electrónico se desplaza siguiendo la composición de estas dos desviaciones. Si se trata de una señal armónica, en la pantalla aparece una traza como la mostrada en la figura 1.

* En las descripciones del osciloscopio y del oscilador se ha escrito con letra de menor tamaño lo que se refiere a los mandos que no se utilizan en esta práctica.

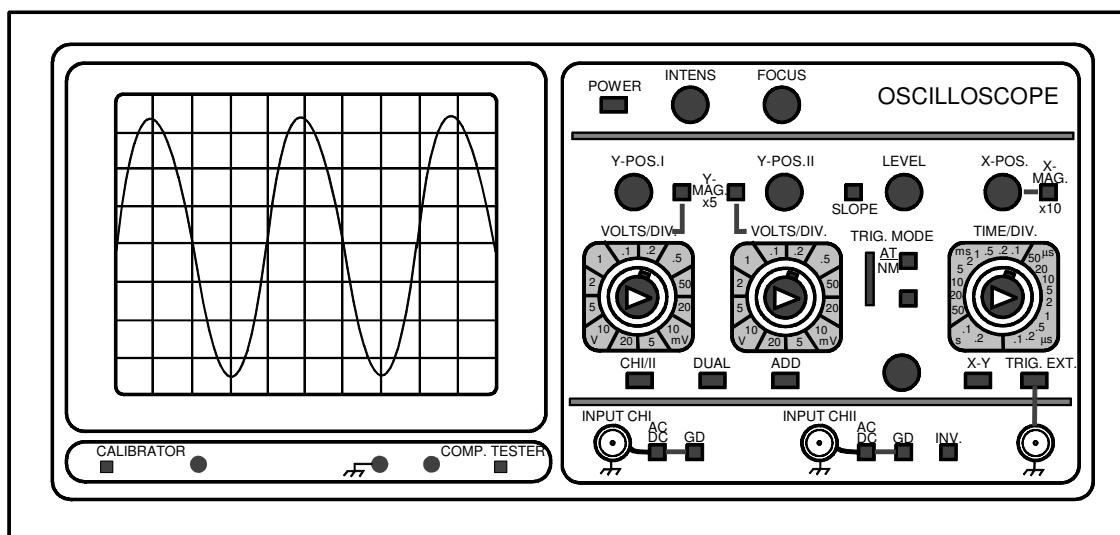


FIGURA 2. Entradas y mandos principales de un osciloscopio

Los osciloscopios suelen tener dos entradas (canales I y II) que se pueden visualizar simultáneamente.

Los mandos principales están separados en tres bloques; los que controlan la intensidad y el enfoque del haz, los que amplifican las señales externas (eje Y), repetidos, uno para cada canal, y los que controlan las señales internas de barrido en el eje X (figura 2).

— Mandos asociados al tubo

- Interruptor **POWER** para la puesta en marcha del instrumento.
- Botón **INTENS** para ajustar la intensidad del haz de electrones que incide en la pantalla.
- Botón **FOCUS** para conseguir una traza bien definida.

— Mandos asociados a las entradas

- Entrada **INPUT CHI** para el canal I y entrada **INPUT CHII** para el canal II. Las conexiones se hacen mediante cables blindados (en un cable blindado uno de los conductores es una malla que se conecta a potencial cero y que envuelve al conductor que transporta la señal, protegiéndola de los campos eléctricos del medio ambiente).
- Botón **Y-POS I** y botón **Y-POS II** para desplazar verticalmente las trazas.
- Tecla **GD** (una para cada canal) para conectar el conductor de la entrada que transporta la señal al potencial de referencia cero.
- Tecla **AC/DC** (una para cada canal) para suprimir o dejar pasar la componente constante de la señal de entrada.
- Conmutador **VOLTS/DIV** (una para cada canal) para seleccionar las diferentes escalas y conseguir una traza de tamaño (altura) adecuado. Sólo en la posición de calibrado del botón central de ajuste, los valores corresponden a los que indica el mando (figura 3).

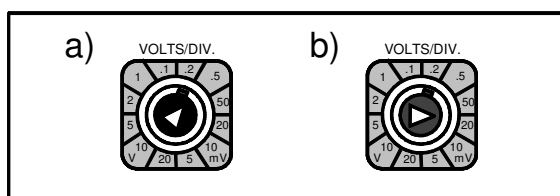


FIGURA 3. Para medir es necesario girar el botón central del conmutador VOLTS/DIV hasta la posición de calibrado: a) mal, b) bien. (Lo mismo para el conmutador TIME/DIV)

- Teclas **CHI/II**, **DUAL** y **ADD** para visualizar la señal de uno de los dos canales, ambas señales a la vez o su suma, respectivamente.
- Tecla **INV** para cambiar de signo la señal del canal II.

— Mandos asociados al generador interno de barrido horizontal

- Conmutador TIME/DIV para seleccionar el ritmo de barrido. Sólo en la posición de calibrado del botón central los valores corresponden a los que indica el mando (figura 3).
- Botón X-POS para desplazar horizontalmente la traza.
- Tecla AT/NM para realizar el sincronismo de forma automática o mediante modos manuales (para que la traza sea única, el inicio de la composición de la señal vertical y el barrido horizontal debe producirse de modo que se superpongan las trazas correspondientes a los sucesivos barridos horizontales).
- Botón LEVEL para variar el valor al que se produce el sincronismo
- Tecla TRIG. EXT. para realizar el sincronismo con una señal externa que se introduce por la entrada auxiliar situada justamente debajo.

Descripción del oscilador

El oscilador es un instrumento que genera señales armónicas de distinta frecuencia. Las salidas y mandos principales del utilizado en esta práctica son los siguientes (Figura 4):

- Salida de la señal OUT. Si se utiliza un cable blindado se debe conectar el de potencial cero al terminal de color negro.
- Salida SYNC para establecer el sincronismo con la señal emitida por el oscilador cuando se utiliza un osciloscopio.
- Conmutador WAVE FORM para seleccionar una señal de perfil sinusoidal o cuadrado.
- Conmutador principal giratorio para seleccionar las distintas frecuencias y conmutador auxiliar deslizante FREQ. RANGE que multiplica los valores indicados por un factor 100.
- Botón AMPLITUDE para ajustar la amplitud de la señal de salida.
- Conmutador ATTEN para atenuar la señal en 20 dB.

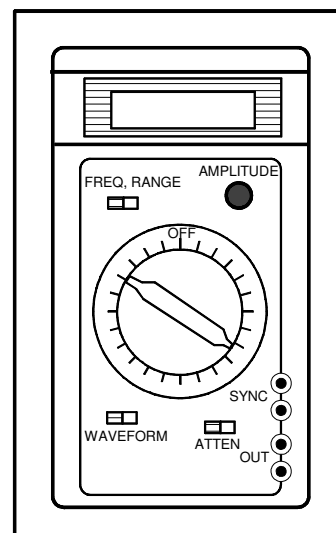


FIGURA 4. Oscilador

Objetivo

El osciloscopio es un instrumento relativamente complicado por lo que en esta primera parte de la práctica sólo se pretende adquirir unos conocimientos generales sobre su funcionamiento y visualizar una señal, midiendo su amplitud y frecuencia.

Procedimiento

A. Puesta en marcha del osciloscopio

1. Identifica las entradas y mandos del osciloscopio antes descritos. Comprueba que el botón de la intensidad del haz de electrones (INTENS) está al mínimo, los botones giratorios de ajuste de los amplificadores están en posición de calibrado (figuras 2 y 3) y la tecla de conexión a potencial cero (GD) de la entrada del canal I está pulsada.
2. Pulsa el interruptor de puesta en marcha (POWER). Pasados unos diez segundos aumenta la intensidad del haz de electrones (INTENS) hasta localizar la traza. Utiliza una luminosidad moderada para no dañar la pantalla. Enfoca la traza mediante el botón FOCUS y varía su situación mediante los botones de desplazamiento horizontal (X-POS) y vertical (Y-POS I). Finalmente deja la traza centrada en la pantalla
3. Coloca el selector del ritmo de barrido (TIME/DIV) en su posición más rápida ($0,1 \mu\text{s}/\text{div}$) (el punto se desplaza de izquierda a derecha aunque la sensación es de una línea debido a la persistencia de las imágenes sucesivas en la retina). Disminuye gradualmente el ritmo de barrido hasta la posición más lenta ($0,2 \text{ s}/\text{div}$) (el punto tarda ahora 2 s en recorrer la pantalla).

B. Visualización de una señal

1. Conecta el cable blindado de la entrada del canal I (INPUT CHI) del osciloscopio a la salida (OUT) del oscilador, libera la tecla GD del osciloscopio y conecta el alimentador del oscilador a la red eléctrica.
2. Selecciona en el oscilador la frecuencia 280 Hz. Como el botón AMPLITUDE para ajustar la amplitud de la señal no está calibrado, gíralo aproximadamente un cuarto de vuelta.
3. Para visualizar la señal ajusta el ritmo de barrido (escala del eje X con el conmutador TIME/DIV) y la amplificación del canal I (escala del eje Y con el conmutador VOLTS/DIV) en el osciloscopio hasta conseguir visualizar una traza de uno o dos períodos en la pantalla.

C. Medida de la frecuencia y de la amplitud de una señal.

Para facilitar las medidas, la pantalla del osciloscopio está reticulada y la unidad del retículo se llama división (DIV); además en los ejes, cada división está fraccionada en cinco partes.

1. Antes de realizar las medidas hay que centrar la señal. Para ello, con la tecla GD pulsada, gira el botón Y-POS I hasta que la línea del potencial cero coincida con el eje X. Después libera la tecla GD.
2. Mide el período de la señal (figura 1) teniendo en cuenta la equivalencia de cada división en la escala del eje X (TIME/DIV) utilizada. Para realizar esta medida más fácilmente sitúa la señal con ayuda del botón X-POS de forma que uno de los puntos de corte con el eje x coincida con el comienzo de una de las divisiones del retículo. Estima su error absoluto como el tiempo al que equivale la quinta parte de cada división (una de las divisiones pequeñas) del eje X.
3. Calcula la frecuencia de la señal y estima su error absoluto. Compara el valor obtenido con el seleccionado en el oscilador (280 Hz).
4. Mide la amplitud de la señal (la amplitud es el valor máximo de la señal tomando como referencia el potencial cero como se indica en la figura 1) teniendo en cuenta la equivalencia de cada división en la escala del eje Y (VOLTS/DIV) utilizada. Para realizar esta medida más fácilmente desplaza la señal con ayuda del botón X-POS hasta situar uno de sus máximos sobre el eje Y. Estima su error absoluto del valor de la quinta parte de cada división (una de las divisiones pequeñas) del eje Y.
5. En la medida de la amplitud no tenemos ningún valor con el que comparar nuestro resultado ya que el botón de ajuste de la amplitud del oscilador no está calibrado. Pide al profesor que dé el visto bueno a la medida realizada.
6. Repite las operaciones 2 y 3 para una señal de frecuencia 10 kHz.
7. Al terminar coloca el conmutador principal del oscilador en posición OFF

Parte II: FENÓMENOS DE RESONANCIA CON ONDAS SONORAS

Material

Osciloscopio, oscilador, 2 altavoces, amplificador, cinta métrica, mordaza, varilla, 3 pinzas (1 de 3 dedos), 3 nueces y cable blindado (provisto de conector BNC en uno de sus extremos).

Objetivo

Utilizar el osciloscopio para visualizar ondas sonoras y estudiar de forma práctica el fenómeno de resonancia.

Conocimientos previos

Emisores y receptores de ondas sonoras

Un emisor de ondas sonoras simples (de una sola frecuencia) es el diapasón. Éste consiste en una varilla metálica doblada en forma de U y sujeta por su parte central a un mango. Basta golpear una de sus ramas para producir la emisión de una onda sonora con una frecuencia que es característica para cada diapasón. Como emisor de ondas sonoras simples también se puede utilizar un altavoz alimentado con la señal de salida de un oscilador. La membrana del altavoz vibrará con la frecuencia de la señal y emitirá un sonido de esa frecuencia.

Como receptor de una onda sonora se suele utilizar un micrófono. Un altavoz sin ninguna modificación también se comporta como un micrófono. La onda sonora hace vibrar la membrana del altavoz y entre sus terminales aparece una diferencia de potencial proporcional a la intensidad de la onda sonora. Estas señales son muy débiles y es necesario amplificarlas para poder estudiarlas mediante un osciloscopio.

Tubos sonoros

Cuando una onda sonora que se propaga a lo largo de un tubo llega al extremo, una parte se refleja, tanto si el extremo está cerrado como si está abierto. La superposición de las ondas emitidas con las reflejadas, que viajan en sentido opuesto, en el interior del tubo produce un fenómeno de interferencias (ondas estacionarias) que se estudiará con detalle en la clase de teoría. Por ahora basta saber que para ciertas frecuencias ν la intensidad de la onda resultante es notablemente mayor que para las demás. Para estas frecuencias se dice que hay resonancia y, si los tubos están abiertos por ambos extremos como el que se emplea en esta práctica, se cumple la fórmula

$$\nu = n \frac{u}{2\ell} \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (1)$$

donde u es la velocidad del sonido y ℓ es aproximadamente la longitud del tubo (ℓ es ligeramente mayor que la longitud del tubo en una cantidad que depende del diámetro del tubo).

La onda correspondiente a $n = 1$ se llama primer armónico o armónico fundamental y las correspondientes a $n = 2, 3, \dots$ segundo, tercer, ... armónicos, respectivamente.

La aplicación de la fórmula (1) tiene dos problemas: el desconocimiento del valor de n y la dificultad de medir ℓ con una precisión razonable. Para salvar ambas dificultades se calcula a partir de (1) la variación de longitud del tubo $\Delta\ell$ entre dos armónicos sucesivos.

$$\Delta\ell = (n+1) \frac{u}{2\nu} - n \frac{u}{2\nu} = \frac{u}{2\nu} \quad (2)$$

Se demuestra que esta expresión (2) se cumple rigurosamente también cuando el tubo está cerrado por un extremo.

Procedimiento

1. Alimenta uno de los altavoces, que hará de emisor, con el oscilador.
2. Conecta la salida del otro altavoz, que hará de receptor, a la entrada del amplificador y la salida del amplificador a la entrada del canal I del osciloscopio.
3. Comprueba que los dos altavoces se encuentran situados a la entrada del tubo como se indica en la figura 5 (al empezar el trozo de cartulina que se emplea para variar la longitud del tubo debe estar situado en la posición más alta).
4. Selecciona en el oscilador la frecuencia de 640 Hz y aumenta la amplitud de la señal hasta que oigas el sonido emitido por el altavoz.
5. Coloca el interruptor del amplificador en posición ON. Selecciona en el osciloscopio el ritmo de barrido (escala del eje X) y la amplificación (escala del eje Y) hasta conseguir visualizar completamente una traza de uno, dos o tres períodos en la pantalla.
6. Alarga lentamente con ayuda de la cartulina la longitud del tubo hasta localizar las posiciones de las resonancias correspondientes a dos valores de n (ecuación 1) sucesivos. En condiciones de resonancia se detecta un aumento de la intensidad del sonido y las posiciones se determinan con

precisión con la ayuda del osciloscopio cuando la amplitud de la señal es máxima. Las posibles variaciones de la amplitud de la señal en el osciloscopio con el tiempo se deben a las interferencias producidas al superponerse los sonidos de los distintos puestos de prácticas (pulsaciones). Si este fenómeno te impidiera realizar las medidas con precisión, espera a que tus compañeros terminen.

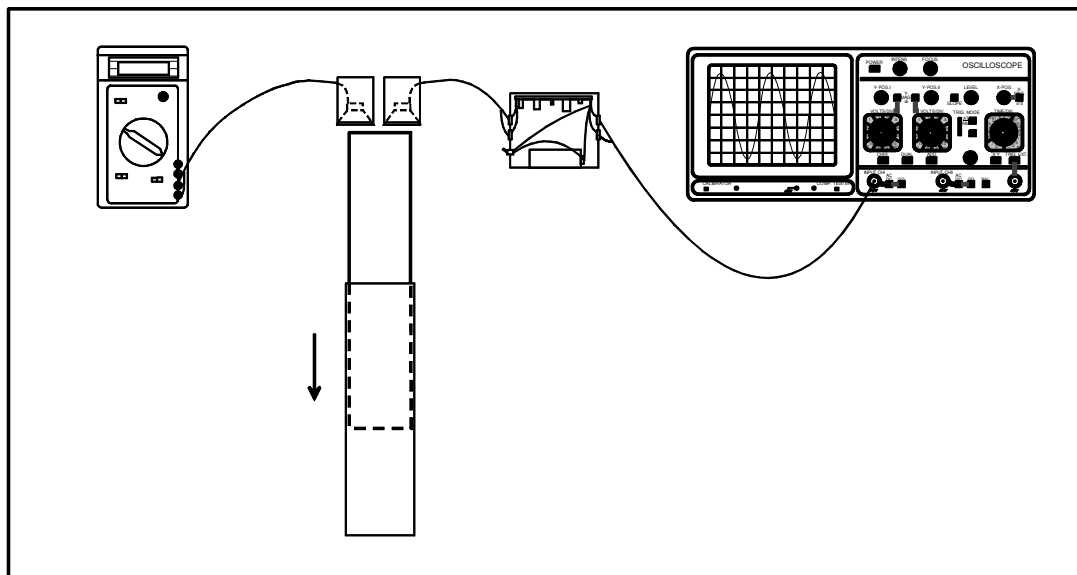


FIGURA. 5. Montaje experimental para estudiar la resonancia con ondas sonoras. En la figura no se han dibujado los cables de alimentación del oscilador, amplificador y osciloscopio.

7. Mide con la cinta métrica las longitudes del tubo ℓ_1 y ℓ_2 repitiendo esta operación tres veces. Calcula los valores medios de ℓ_1 y ℓ_2 con su error absoluto. PARA EVITAR MOLESTIAS A TUS COMPAÑEROS PROCURA QUE LA EMISIÓN DE LA ONDA SONORA TENGA LUGAR SÓLO EL TIEMPO NECESARIO PARA REALIZAR LAS MEDIDAS.
8. Calcula $\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1$ y aplica la fórmula 2 para obtener la frecuencia de las ondas sonoras:

$$\nu = \frac{u}{2\Delta\ell}.$$

La velocidad del sonido en el aire depende de la temperatura T . En la práctica se calcula con precisión mediante la fórmula

$$u = 20,05 \sqrt{T} \quad (T \text{ en K para obtener } u \text{ en m/s}) \quad (5)$$

Lee la temperatura en uno de los termómetros del laboratorio y recuerda que

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15 \quad (6)$$

9. Estima el error relativo para averiguar el número de cifras significativas del resultado. Comprueba que si se desprecia el error de u , de (2) se obtiene

$$\frac{\Delta\nu}{\nu} = \frac{\Delta(\Delta\ell)}{\Delta\ell} \quad (7)$$

10. Escribe correctamente la frecuencia obtenida y compárala con la del oscilador (640 Hz).
11. Al terminar coloca el interruptor principal del oscilador y el interruptor del amplificador en posición OFF, libera la tecla POWER para desconectar el osciloscopio y desconecta el alimentador del oscilador y todos los cables excepto la conexión BNC de entrada al canal I del osciloscopio